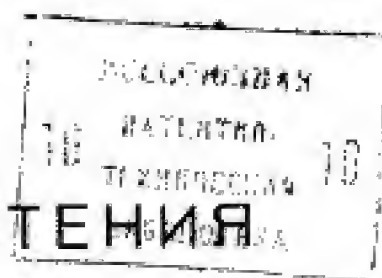


СССР



ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

Д. В. Будрин

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ИНТЕГРАТОР

Заявлено 13 марта 1950 г. за № 414030/2465 в Гостехнику СССР

Опубликовано в «Известиях изобретений» № 2 за 1954 г.

Предметом изобретения является интегратор для решения дифференциального уравнения теплопроводности по методу конечных разностей, основанный на законах гидростатики и состоящий из ряда вертикальных сообщающихся сосудов, крайние из которых сообщаются с подвижными напорными резервуарами, причем перекрытие сообщающихся сосудов осуществляется кранами, клапанами или золотниками, соединенными с управляющей ими рычажной системой так, что каждый сосуд интегратора при переключении кранов, клапанов или золотников сообщается то с одним, то с другим соседним сосудом или напорным резервуаром; при этом невозможно одновременное сообщение между тремя или более соседними сосудами.

Привод рычажной системы интегратора связан со счетчиком переключений, число которых пропорционально времени протекания изучаемых процессов.

Известны интеграторы, основанные на аналогии между передачей тепла теплопроводностью и ламинарным

течением жидкости (обычно воды) через длинные капиллярные трубки, которые являются основной частью интеграторов. Наличие капиллярных трубок в интеграторах является главной причиной их сравнительно малой точности и непостоянства их погрешности вследствие значительной зависимости вязкости жидкости от температуры, изменения живого сечения капилляров вследствие разбухания их стенок (у неметаллических капилляров) или вследствие легкого засорения капилляров при коррозии или при наличии в воде микроорганизмов.

Описываемый гидравлический интегратор свободен от указанных недостатков, так как в нем нет капиллярных трубок; основан гидравлический генератор на общеизвестном принципе гидростатики, заключающемся в том, что в сообщающихся сосудах уровни воды устанавливаются на одной и той же высоте.

На чертеже схематически изображен гидравлический интегратор.

Интегратор имеет ряд вертикальных сосудов 1 цилиндрической или

призматической формы, которые представляют собой стенку с проходящими в ней нестационарными тепловыми процессами. Каждые два соседних вертикальных сосуда соответствуют одному элементарному слою стенки толщиной Δx м. Площадь горизонтального сечения этих сосудов (обоих вместе) отображает теплоемкость 1 кв. м. стенки толщиной Δx м., т. е. величину $\Delta x c \gamma$, где c — весовая теплоемкость, а γ — удельный вес материала стенки. Высоты уровней воды как в этих, так и в других сосудах интегратора в некотором масштабе изображают температуру соответствующей точки. Для удобства работы вертикальная шкала 2 может иметь градуировку не в сантиметрах, а прямо в градусах Цельсия, и ее деления могут быть вычерчены на листе бумаги, укрепляемом сзади всех сосудов интеграторов, в виде горизонтальных линий, идущих во всю ширину прибора. Промежуточные вертикальные сосуды 3 и 4 должны обеспечить отображение на интеграторе условий теплообмена между поверхностью стенки и газообразной или жидкой средой, обмывающей эту поверхность. Площадь горизонтального сечения каждого из этих сосудов должна быть пропорциональна числовому значению коэффициента теплоотдачи d на соответствующей стороне стенки. Эта площадь может быть рассчитана по формуле:

$$m d = m \frac{\Delta x}{2} \cdot \frac{d}{\lambda} \cdot \text{см.}^2,$$

где m — площадь поперечного сечения каждого из вертикальных сосудов, изображающих стенку в см.^2 ; λ — коэффициент теплопроводности материала стенки $\frac{\text{ккал.}}{\text{м. час. град.}}$.

Напорные сосуды 5 и 6 изображают газовую или жидкую среду, которая омывает поверхность стенки. Высота уровня воды в этих сосудах соответствует температуре среды по ту или по другую сторону стенки.

Все сосуды гидростатического интегратора связаны друг с другом посредством системы переключающих

кранов 7, которые посредством рукоятки 8 и рычажной системы 9 могут поочередно то открываться, то закрываться. При этом исключено одновременное открывание четных и нечетных кранов: когда четные краны открыты, то нечетные закрыты, и наоборот.

Открытыми краны оставляют на время достаточное для полного выравнивания уровней воды в сообщающихся сосудах. Но могут оставить открытыми краны и на большой отрезок времени, для того чтобы возобновить на другой день прерванную накануне работу на гидравлическом интеграторе. В отличие от известных конструкций гидравлических интеграторов, время в описываемом интеграторе нечислится не временем его работы, а числом произведенных переключений кранов; каждые два последовательных переключения кранов, после которых рычажная система 9 возвращается в исходное положение, соответствуют протеканию элементарного отрезка времени.

$$\Delta \tau = \frac{\Delta x^2}{4a} \text{ часов,}$$

где Δx — толщина элементарного слоя, отображенного на интеграторе двумя соседними вертикальными сосудами, а — коэффициент температуропроводности материала стенки,

определяемый по формуле $a = \frac{\lambda}{c \gamma}$.

Так как для решения каждой задачи по нестационарной теплопроводности обычно требуется произвести множество переключений кранов, то целесообразно механизировать эту операцию, снабдив интегратор механизмом привода рычажной системы, открывающим и закрывающим краны. Для наблюдения за временем, т. е. за числом произведенных переключений кранов, интегратор снабжен автоматическим счетчиком 10, который перед началом работы устанавливается на нуль. При каждом качании рычажной системы в направлении справа налево показания счетчика увеличиваются на единицу.

Напорные сосуды 5 и 6 присоединяются к системе переключающихся

кранов 7 посредством гибких резиновых шлангов 11 и 12. Для изменения уровней воды в напорных сосудах в соответствии с заданными граничными условиями или для поддержания этих уровней на постоянной высоте, если температура газа или жидкости, омывающей ту или другую поверхность стенки, остается постоянной, напорные сосуды установлены на подвижных полках 13 и 14, подвешенных на гибких тонких тросиках или нитях 15 и 16, перекинутых через свободно вращающиеся ролики 17 и 18. Концы нитей, обозначенные стрелкой, присоединяются к самотормозящим лебедкам (на чертеже не показаны). Посредством этих лебедок полки 13 и 14 можно плавно поднимать и опускать, поддерживая тем самым уровень воды в напорных сосудах на любой заданной высоте или изменяя его в соответствии с заданными граничными условиями.

Результат гидравлического интегрирования дифференциального уравнения теплопроводности (или точнее — заменяющего его уравнения в конечных разностях при заданных начальных и граничных условиях, которые могут быть бесконечно разнообразны) получается в виде кривой 19, проходящей через несколько узловых точек. Положение узловых точек на этой кривой показано кружками, которые лежат между сосудами интегратора, имеющими одинаковый уровень воды. Высота положения крайней правой узловой точки, находящейся между сосудами 3 и левым сосудом из системы сосудов 1, отображает температуру наиболее нагретой поверхности стенки. Температура другой, более холодной поверхности стенки, отображается высотой положения крайней левой узловой точки, лежащей между правым сосудом из системы сосудов 1 и сосудом 4. Остальные четыре узловые точки дают температуру в тех поверхностях стенки, которые удалены от ее горячей поверхности на расстояние Δx , $2\Delta x$, $3\Delta x$ и $4\Delta x$ соответственно. Если рычажная

система 9 оттянута в крайнее правое положение и, следовательно, краны с четными номерами открыты, а краны с нечетными номерами закрыты, то узловые точки будут давать температуру в тех точках стенки, которые удалены от горячей поверхности стенки на расстояние, соответственно равное:

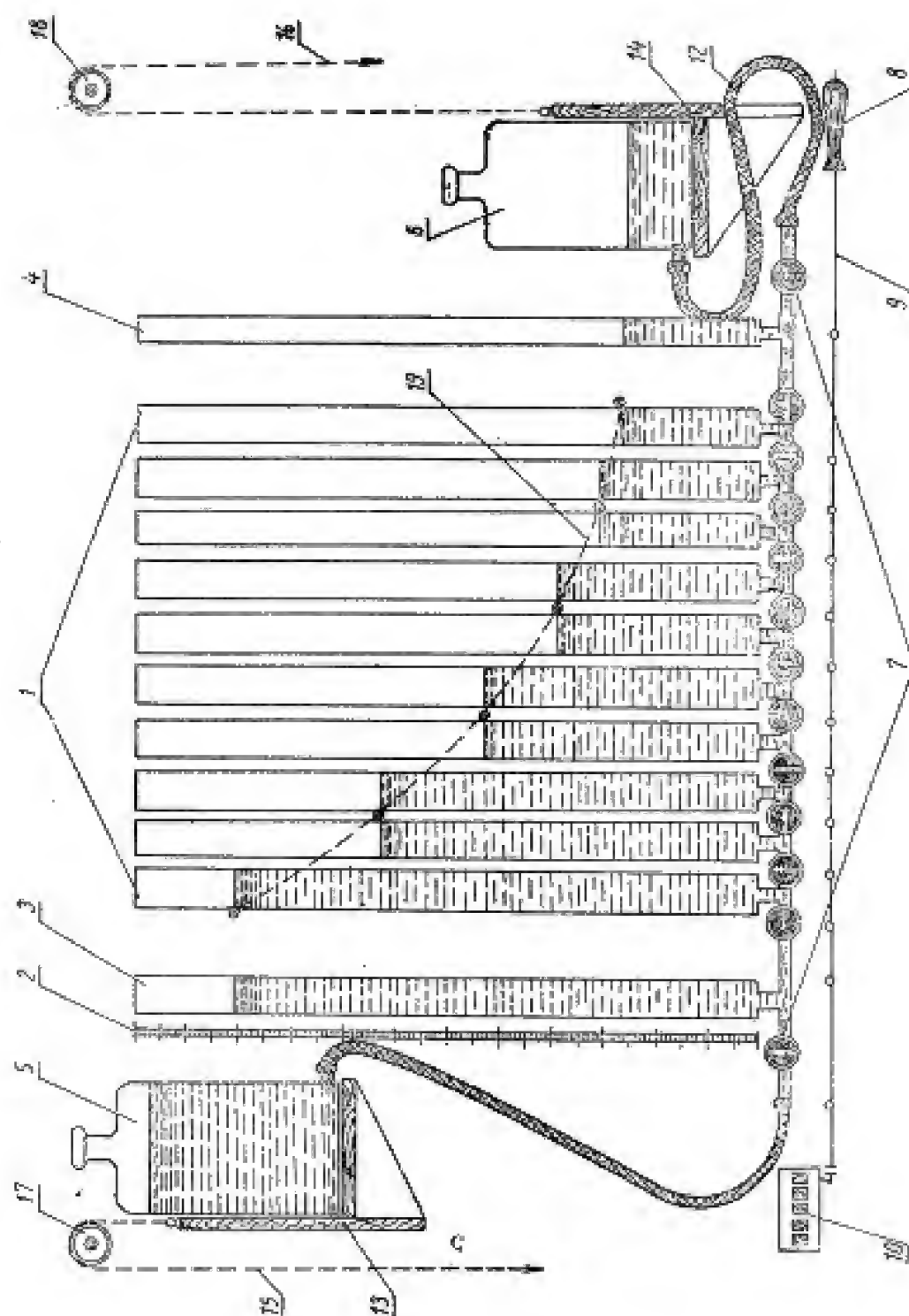
$1/2\Delta x$, $1 1/2\Delta x$, $2 1/2\Delta x$, $3 1/2\Delta x$ и $4 1/2\Delta x$.

Кривая, проведенная через эти узловые точки, будет относиться к моменту времени $(m + 0,5)\Delta t$ часов, где m — число, показываемое счетчиком 19, а Δt — длительность элементарного отрезка времени, соответствующего двум последовательным переключениям кранов, которая равна $\Delta x^2 : 4a \cdot c$.

Предмет изобретения

1. Гидравлический интегратор для решения дифференциального уравнения теплопроводности по методу конечных разностей, основанный на законах гидростатики и состоящий из ряда вертикальных сосудов и напорных резервуаров, соединенных между собой посредством труб или каналов, перекрывающихся кранами, клапанами или золотниками, и отличающийся тем, что, с целью повышения точности интегрирования, краны, клапаны или золотники соединены с управляющей или рычажной системой так, что каждый сосуд интегратора при переключении кранов, клапанов или золотников сообщается то с одним, то с другим соседним сосудом или напорным резервуаром на время, достаточное для выравнивания уровней в сообщающихся сосудах, при невозможности одновременного сообщения между тремя или более соседними сосудами.

2. Форма выполнения интегратора по п. 1, отличающаяся тем, что привод рычажной системы соединен со счетчиком переключений, число которых пропорционально времени протекания изучаемых процессов.



Отв. редактор М. Г. Голандский

Стандартиз. Подп. к печ. 10/V 1957 г. Объем 0,25 л. л. Тираж 430. Цена 50 коп.

Типография Комитета по делам изобретений и открытий при Совете Министров СССР
Москва, Неглинная, 23. Зак. 2788.